

Tielaitos

Juha Luoma

Muuttuvan nopeusrajoitusmerkin tekniikan vaikutukset ajonopeuksiin ja merkin muistamiseen



**Tielaitoksen
selvityksiä
76/1996**

Helsinki 1996

Kehittämiskeskus

Tielaitoksen selvityksiä
76/1996

Juha Luoma

**Muuttuvan nopeusrajoitusmerkin
tekniikan vaikutukset ajonopeuksiin
ja merkin muistamiseen**

Tielaitos
Kehittämiskeskus

Helsinki 1996

Kannen kuvat: *Esko Hyytiäinen*

ISSN 0788-3722
ISBN 951-726-302-3
TIEL 3200443
Oy Edita Ab
Helsinki 1997

Julkaisun kustannus ja myynti:
Tielaitos, hallintopalvelut,
painotuotemyynti
Telefaksi 0204 44 2652

Joutsenmerkin arvoinen paperi

Tielaitos
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puh. vaihde 0204 44 150

Aiheluokka: 22, 84

Asiasanat: muuttuva opaste, nopeusrajoitus, kuljettajan käyttäytyminen, ajonopeus, muistaminen

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tavoitteena oli verrata kuituoptisen ja sähkömekaanisen muuttuvan nopeusrajoitusmerkin vaikutuksia a) ajonopeuksiin ja merkin noudattamiseen sekä b) merkin muistamiseen. Koepaikka sijaitsi valtatiellä nro 8 Maskussa, Humikkalan liittymässä. Liittymää edelsi nopeusrajoitus 80 km/h, ja muuttuvat merkit (60 km/h) asetettiin etäisyyksille 245 m (kuituoptinen) ja 266 m (sähkömekaaninen) ennen liittymää. Liikenne- ja valaistusolosuhteiden samantilaistamiseksi näkyvissä oleva merkki vaihdettiin tunnin välein joko sammuttamalla kuituoptinen merkki (vain musta tausta näkyvissä) tai peittämällä sähkömekaaninen merkki. Noin 2 200 henkilö- ja pakettiauton ja 340 raskaan ajoneuvon nopeudet mitattiin kahdella silmukkaitaisiinparilla, jotka sijaitsivat 1 550 ja 25 m ennen liittymää. Merkkien muistamista selvitettiin haastattelemalla 307 kuljettajaa noin 1 km merkin ohittamisen jälkeen.

Kuituoptista merkkiä käytettäessä jonojen ulkopuolella ajaneiden henkilö- ja pakettiautojen keskinopeus väheni 87,7 km/h:stä 66,3 km/h:iin, kun sähkömekaanista merkkiä käytettäessä keskinopeus väheni 88,4 km/h:stä 70,4 km/h:ään. Vastaavat raskaita ajoneuvoja koskevat nopeudet olivat 84,8 ja 65,4 km/h sekä 84,0 ja 68,6 km/h. Ennen merkkiä mitatut nopeudet eivät eronneet merkeittäin tarkasteltuina tilastollisesti merkitsevästi, mutta merkin jälkeen erot olivat merkitseviä osoittaen, että kuituoptinen merkki vähensi henkilö- ja pakettiautojen keskinopeutta 3,4 km/h enemmän kuin sähkömekaaninen merkki. Vastaava luku raskaiden ajoneuvojen osalta oli 4,0 km/h. Haastattelutulokset osoittivat, että kuituoptista merkkiä käytettäessä 91,0 % kuljettajista muisti nopeusrajoitusarvon, mutta sähkömekaanista merkkiä käytettäessä nopeusrajoitusarvon muisti vain 71,6 %.

Tutkimuksen pääasiallinen johtopäätös on, että kuituoptinen merkki on kuljettajakäyttäytymisen kannalta huomattavasti sähkömekaanista merkkiä tehokkaampi. Johtopäätöksen yleistäminen vaatisi kuitenkin lisätutkimusta mm. siltä osin, miten tulokset pätevät, jos kuituoptisia merkkejä käytetään huomattavasti nykyistä enemmän tai jos useita merkkejä on peräkkäin samalla tieosuudella.

Keywords: variable message sign, speed limit, driver behavior, speed, recall

ABSTRACT

This field study was designed to compare effects of two different technologies of variable speed limit signs on (a) speed behavior and (b) recall of signs. Specifically, the speed limit signs were of fiber optic and electromechanical technology. The experimental site was located on an inter-urban road, with a fixed speed limit of 80 km/h. Variable speed limit signs of 60 km/h were erected 245 m (fiber optic) and 266 m (electromechanical) before an intersection of a secondary road. The stimulus condition was always changed after one hour to match the lighting and traffic conditions. The speed of about 2,200 cars and vans, as well as 340 trucks and buses was measured by detector loops locating 1,550 and 25 m before the intersection. In addition, 307 drivers were interviewed about 1 km after passing the sign. The main question concerned the content of the variable speed limit sign.

The main results showed that the speed limit sign of fiber optic technology reduced the mean speed of cars and vans traveling in free-flow traffic from 87.7 to 66.3 km/h, while the electromechanical sign reduced the mean speed from 88.4 to 70.4 km/h. The corresponding reductions for trucks and buses were from 84.8 to 65.4 km/h and from 84.0 to 68.6 km/h, respectively. There were no statistically significant differences between initial speeds for signs. However, the differences in speeds after the signs were significant indicating that the sign of fiber optic technology decreased the mean speed of cars and vans 3.4 km/h more than the electromechanical sign. The corresponding reduction for trucks and buses was 4.0 km/h. The results of the driver interviews showed that 91.0% of the drivers recalled the sign when the fiber optic sign was used, but only 71.6% of the drivers recalled the sign when the electromechanical sign was used.

The main implication of this study is that the variable speed limit sign of fiber optic technology is more effective than the electromechanical sign. However, more research is needed to evaluate whether these effects exist if drivers frequently encounter the signs of fiber optic technology, for example. At present variable speed limit signs are used only in a few locations in Finland.

The study has been granted European Community financial aid in the field of Trans-European Networks - Transport.

ALKUSANAT

Muuttuvia opasteita on käytetty tieverkolla monissa paikoin osoittamaan vaihtuvia nopeusrajoituksia. Tekniikaltaan muuttuvat nopeusrajoitusmerkit ovat olleet joko kuituoptiikalla toteutettuja tai sähkömekaanisia merkkejä. Sähkömekaanisessa merkissä on muuttuva nopeusrajoitusarvo saatu aikaan seven-segmenttinäytöllä, kääntyvillä prismoilla tai kääntyvällä kiekolla. Kuituoptisessa merkissä nopeusarvo on aikaansaatu valokuidun päässä olevien linssien avulla. Sähkömekaaniset merkit muistuttavat ulkomuodoltaan paljon kiinteitä nopeusrajoitusmerkkejä. Kirjallisuudesta ei löydy vertailevia tutkimuksia eri tekniikoilla toteutettujen merkkien havaittavuudesta ja vaikutuksesta liikennekäyttämiseen. Tarkoitus oli selvittää eri tekniikoiden erot, koska merkkien hankintahinnat vaihtelevat melkoisesti.

Tutkimus on osa Liikenteen hallinta -projektia. Selvityksen tekemiseen on saatu Euroopan unionin liikenteen perusrakenteen kehittämiseen tarkoitettua TEN-T (Trans-European Networks-Transport) -rahoitusta

Tutkimuksen toimeksiantajana oli Tielaitoksen kehittämiskeskus. Tutkimuksen teki Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) Yhdyskuntatekniikan Liikenne ja kuljetukset tutkimusalue. Turun tiepiiri vastasi aineiston keruusta.

Tutkimuksen vastuuhenkilönä oli tekn.tri Juha Luoma VTT:sta, joka myös laati tutkimusraportin. Atk-suunnittelija Pekka Kulmala, atk-sihtööri Arja Wuolijoki ja tutkimussihtööri Kirsi Ebneth osallistuivat tutkimusaineiston analysointiin. Tielaitoksen yhdyshenkilönä oli DI Esko Hyttiäinen. Turun tiepiirin yhdyshenkilönä oli liikenneturvallisuusinsinööri Markku Aarikka ja kenttämittauksista vastasi rakennusmestari Pekka Vuorila.

Helsingissä joulukuussa 1996

Tielaitos

Liikenteen hallinta -projekti

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	11
2 TUTKIMUSMENETELMÄ	13
2.1 Koepaikka	13
2.2 Merkit, mittauslaitteet ja niiden sijoitus	15
2.3 Tutkimuksen suoritus	16
3 NOPEUS- JA AIKAVÄLITULOKSET	17
3.1 Nopeusanalyysit	17
3.2 Koko liikennevirran nopeudet	17
3.3 Vapaiden ajoneuvojen nopeudet	18
3.4 Vapaiden ajoneuvojen nopeusmuutokset ajoneuvottain	19
3.5 Nopeusrajoituksen noudattaminen	20
3.6 Seuraamisaikavälit	20
4 HAASTATTELUTUTKIMUKSEN TULOKSET	21
4.1 Kuljettajat	21
4.2 Muuttuvaa merkkiä koskevat tulokset	21
5 TULOSTEN TARKASTELU	24
6 LÄHTEET	26

1 JOHDANTO

Muuttuvat opasteet ovat yksi telemaattinen liikenteen hallintakeino, jossa viestin esitys voi perustua vaihtoehtoisin teknisiin ratkaisuihin. Päävaihtoehtoja ovat olleet sähkömekaanisesti, kuituoptyisesti ja LED-tekniikalla toteutetut merkit. Tekniset ominaisuudet vaikuttavat viestin esittämiseen niin paljon, että merkin havaittavuuksissa ja vaikutuksissa liikennekäyttämiseen voidaan olettaa olevan eroja.

Liikennemerkkin olemassa olon havaitsemiseen (*detektio*) vaikuttavat sen luminanssi, kontrasti taustaa vasten ja merkin osien väliset kontrastit. Erityisesti merkin osien väliset kontrastit vaikuttavat myös viestin identifiointiin eli nopeusrajoitusmerkin tapauksessa nopeusrajoitusarvon havaitsemiseen. Näiden tekijöiden perusteella kuituoptyisen ja LED-tekniikalla toteutettujen merkkien voidaan olettaa olevan sähkömekaanista merkkiä havaittavampia. Se ei kuitenkaan tarkoita suoraviivaisesti sitä, että kuljettajat havaitsisivat kuituoptyiset ja LED-merkit paremmin tai että näillä merkeillä voitaisiin vaikuttaa paremmin heidän käyttäytymiseensä. Tähän viittaavat tavallisilla liikennemerkkeillä tehdyt tutkimukset (mm. Hietämäki 1988, Häkkinen 1965, Johansson & Backlund 1970, Johansson & Rumar 1966, Luoma 1981, 1992).

Voidaan kuitenkin olettaa, että fysikaalisilta ominaisuuksiltaan poikkeukselliseen muuttuvaan nopeusrajoitusmerkkiin liittyy tekijöitä, jotka vaikuttavat nopeudenvalintaan ja merkin muistamiseen. Kuljettajien tarkkaavuus suuntautunee tavallista enemmän merkkiin, jonka kontrasti on suuri (Hietämäki 1988). Lisäksi kontrastinen merkki saattaa parantaa nopeusrajoitusarvon muistamista kiinteään merkkiin verrattuna ainakin silloin, jos kuljettajat ohittavat poikkeuksellisia merkkejä harvoin. Tähän viittaavat Rämän ja Luoman (1996) sääohjattua tietä koskevat tulokset, joiden mukaan noin minuutti merkin ohittamisen jälkeen kuituoptyisen nopeusrajoitusarvon muisti 91 % kuljettajista. Kiinteään nopeusrajoitusmerkin on aikaisemmissa pohjoismaisissa tutkimuksissa muistanut 76–80 % kuljettajista (Häkkinen 1965, Johansson & Backlund 1970, Johansson & Rumar 1966).

Merkin tai pikemminkin merkin sisällön muistamisen tutkimus perustuu oletukseen, että merkin muistaneiden kuljettajien osuus ilmaisee merkin havainneiden osuuden. Havaitseminen ja muistaminen ovat kuitenkin eri asioita, ja merkki saattaa unohtua ennen haastattelua, joka on useimmissa tutkimuksissa seurannut noin minuutti merkin ohittamisen jälkeen. Luoman (1993) tulokset kuitenkin osoittavat, etteivät ainakaan kuljettajina toimineet koehenkilöt unohtaneet nopeusrajoitusmerkkiä (40 km/h) minuutin aikana, mutta oletettavasti vähemmän tärkeänä pidetty hirvivaroituserkki unohtui monilta. Nopeusrajoitusmerkin muisti 94 % kuljettajista viipeestä riippumatta, mutta hirvivaroituserkin muisti 71 % välittömästi merkin jälkeen ja 31 % minuutin kuluttua. Näyttää siis siltä, että muistamisenmenetelmällä saadut tulokset ilmaisevat ainakin kohtuullisen hyvin, kuinka eri nopeusrajoitusmerkit on havaittu.

Aikaisempien tutkimustulosten perusteella voidaan olettaa, että kuituoptyiset merkit parantavat todennäköisesti nopeusrajoitusarvon havaitsemista. Päätelmä perustuu kuitenkin keskenään erilaisissa olosuhteissa ja eri aikoina tehtyihin tutkimuksiin. Toiseksi erilaisiin teknisiin ratkaisuihin perustuvien muuttuvien nopeusrajoitusmerkkien nopeusvaikutuksista ei ole käytettävissä vertailulampoista

tietoa. Siksi selostettavan tutkimuksen päätavoitteena oli verrata vertailukelpoisissa olosuhteissa kuituoptisen ja sähkömekaanisen muuttuvan nopeusrajoitusmerkin vaikutuksia

- ajonopeuksiin ja merkin noudattamiseen
- merkin muistamiseen.

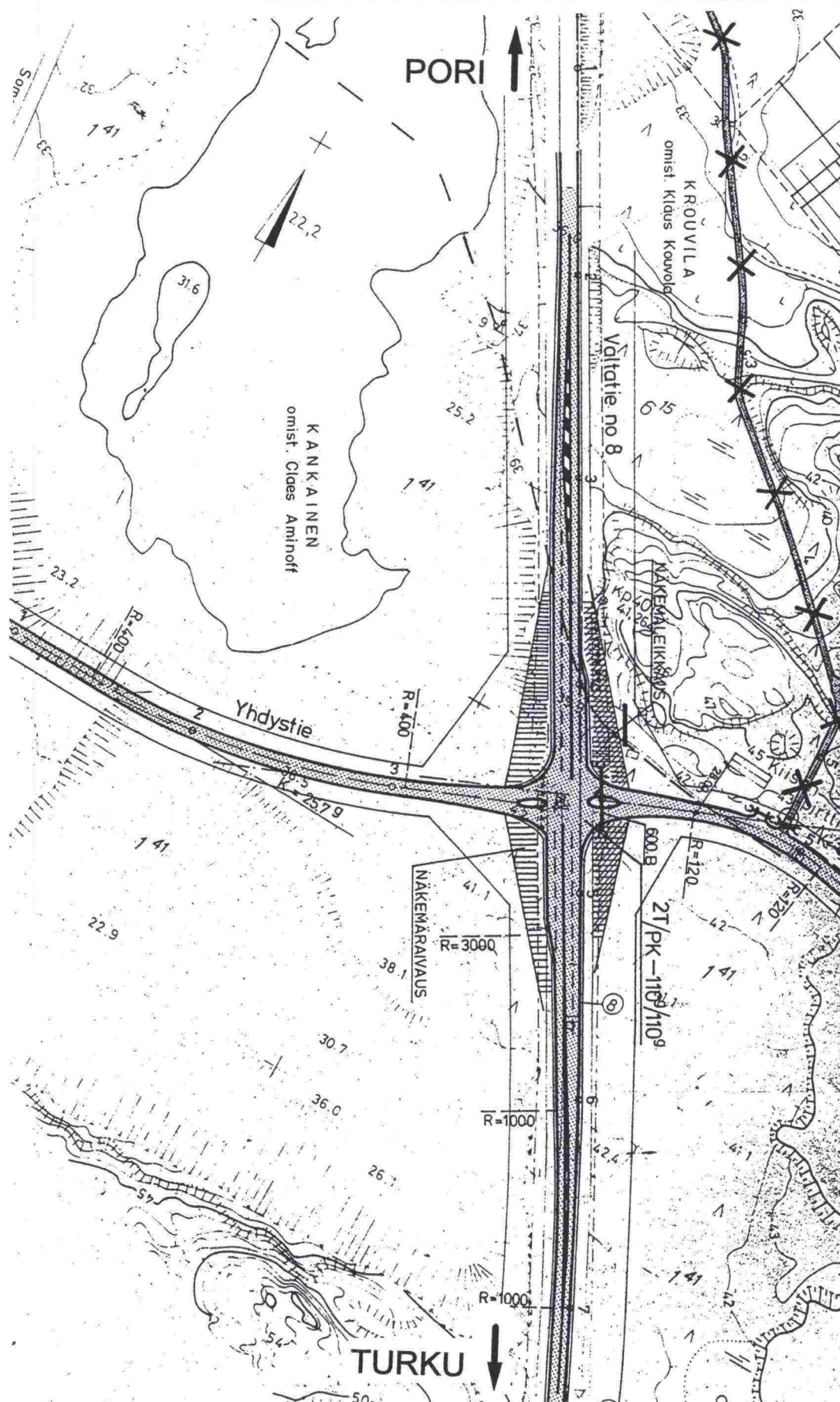
Nopeusmittauksia täydennettiin selvittämällä mahdolliset ajoneuvojen seuraamisaikavälien muutokset. Vastaavasti merkin muistamista koskevat tulokset analysoitiin tärkeimpien kuljettajia kuvaavien taustamuuttujien suhteen, ja tutkimukseen osallistuneilta kuljettajilta tiedusteltiin yleisiä muuttuviin merkkeihin liittyviä tekijöitä.

2 TUTKIMUSMENETELMÄ

2.1 Koepaikka

Tutkimus tehtiin valtatiellä nro 8 Maskussa, Humikkalan liittymässä. Valtatietä ajaville liittymässä on kaksi kaistaa molemmista suunnista lähestyttäessä: yksi suoraan ajaville ja oikealle kääntyville sekä yksi vasemmalle kääntyville (kuva 1). Mittaussuunta oli Porista Turkuun päin eli suunnilleen luoteesta kaakkoon. Nopeusrajoitus ennen liittymää oli 80 km/h. Liittymässä oli aikaisemmin käytetty muuttuvaa, sähkömekaanista merkkiä. Merkillä oli osoitettu pääsääntöisesti rajoitus 80 km/h, mutta rajoitus oli laskettu 60 km/h:iin sivutien liikennevirran ollessa huomattavan suuri lähinnä työmatkaliikenteen takia (aamulla ja illalla).

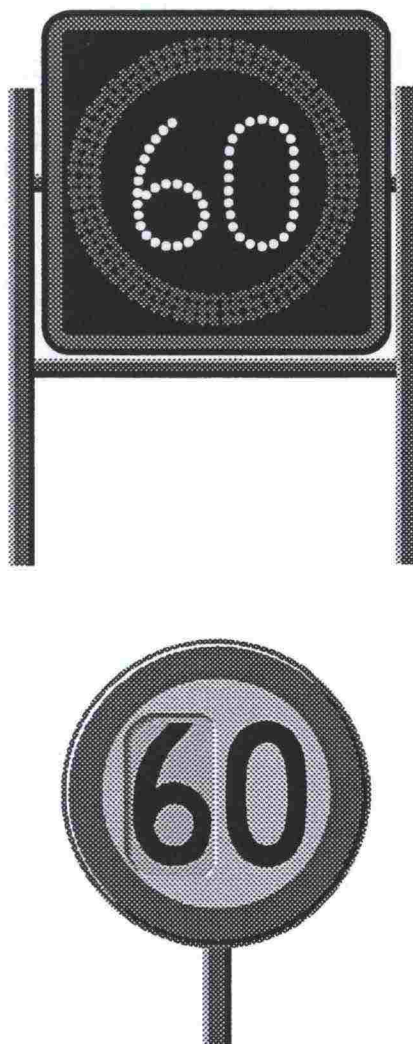
Merkkiä ja liittymää edeltävä tieosuus oli loivasti nouseva ja suora, mutta liittymän jälkeen seurasi loiva kaarre, jonka jälkeen oli levähdysalue, jota käytettiin tutkimuksen haastatteluosuudessa.



Kuva 1. Mittauspaikka. Mittaussuunta Porista Turkuun päin. Mittakaava noin 1:28000.

2.2 Merkit, mittauslaitteet ja niiden sijoitus

Verrattavat merkit olivat kuituoptinen ja sähkömekaaninen muuttuva nopeusrajoitusmerkki (kuva 2). Merkit olivat nykyisin käytössä olevia merkkejä, jotta tuloksia voitaisiin soveltaa suoraan käytäntöön. Molempien merkkien halkaisija oli 640 mm, ja sähkömekaanisessa merkissä oli II luokan kalvo.



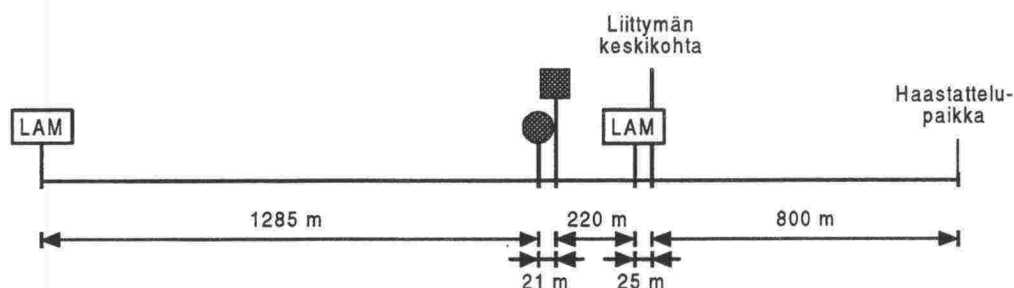
Kuva 2. Tutkittavat merkit: kuituoptinen merkki (yläpuolella) ja sähkömekaaninen merkki (alapuolella).

Merkeillä osoitettiin nopeusrajoitus 60 km/h, jolloin voitiin olettaa nopeusmuutoksia, koska edeltävällä tieosuudella rajoitus oli 80 km/h. Vastaavasti havaitsemisen kannalta rajoitus oli tällöin kuljettajille merkityksellinen.

Merkit asennettiin tien luiskaan normaaliin tapaan. Ajoneuvojen nopeudet ja keskinäiset aikavälit mitattiin kahdella tiehen asennetulla silmukkaitseparilla (kuva 3). Ensimmäinen nopeusmittauspiste sijaitsi niin kaukana (1 285 - 1 306 m) merkeistä, ettei merkkien voida olettaa vielä vaikuttaneen nopeuksiin. Jäl-

kimmäinen mittauspiste asetettiin lähelle liittymää, missä mahdollisen nopeusmuutoksen pitäisi turvallisuuden kannalta olla suurimmillaan.

Muuttuvan merkin muistamista selvitettiin levähdysalueella (kuva 3) tehdyllä kuljettajahaastattelulla, johon ajoneuvot ohjasi liikenteen ohjaaja (ei poliisi). Liittymän jälkeisen kaarteeseen takia kuljettajat eivät nähneet haastatteluun ohjaavaa henkilöä ennen liittymää, mutta toisaalta levähdysalue sijaitsi riittävän lähellä merkin muistamista ajatellen. Haastattelulomake on esitetty liitteessä 1.



Kuva 3. Muuttuvien merkkien, nopeusmittauspisteiden (LAM) ja haastattelupaikan sijainti. Mittaussuunta vasemmalta oikealle.

Kokeen aikana näkyvissä olevaa merkkiä vaihdettiin tunnin välein, jotta valaistus- ja liikenneolosuhteet olisivat mahdollisimman samanlaiset. Periaatteessa olisi ollut toivottavaa vaihtaa merkkejä siten, että vain yksi merkki kerrallaan olisi ollut paikalla. Merkkien painavuuden takia jouduttiin kuitenkin pitämään molemmat merkit paikallaan koko kokeen ajan. Kuituoptista merkkiä käytettäessä sähkömekaaninen merkki peitettiin hupulla niin, että se oli mahdollisimman huomaamaton. Sähkömekaanista merkkiä käytettäessä kuituoptinen merkki oli sammutettuna eli näkyvissä oli vain musta tausta. Jotta molemmat merkit olisivat näkyvissä ainakin 500 metrin etäisyydeltä, kuituoptinen merkki oli hieman sähkömekaanista merkkiä korkeammalla ja merkit sijoitettiin eri etäisyyksille tien pituussuunnassa (kuva 3).

2.3 Tutkimuksen suoritus

Sekä nopeus- että haastatteluaineistot kerättiin syyskuussa 1996 kahtena keskiviikkona ja torstaina klo 9–15. Sää- ja keliolosuhteet olivat hyvät, eli ei satanut eikä esiintynyt sumua ja tienpinta oli kuiva.

3 NOPEUS- JA AIKAVÄLITULOKSET

3.1 Nopeusanalyysit

Merkkien vaikutuksia ajonopeuksiin selvitettiin neljällä erilaisella nopeusvertailulla, joilla kuvataan mitattujen nopeusvaikutusten eri piirteet:

- *Koko liikennevirran nopeudet* molemmissa nopeudenmittauspisteissä merkeittäin ja ajoneuvoluokittain. Ajoneuvot luokiteltiin a) henkilö- ja pakettiautoihin sekä b) kuorma-, linja- ja rekka-autoihin. Tulokset kuvaavat merkkien kokonaisvaikutuksia liikennevirtaan.
- *Vapaiden ajoneuvojen nopeudet* molemmissa nopeudenmittauspisteissä merkeittäin ja ajoneuvoluokittain. Vapaiksi eli jonojen ulkopuolella ajaviksi määriteltiin ajoneuvot, joiden bruttoaikaväli edellä ajavaan (keulasta keulaan) oli vähintään 5 sekuntia. Vapaiden ajoneuvojen nopeuksia oli perusteltua tarkastella erikseen, koska jonossa ajavat saattoivat valita ajonopeutensa rajoitetummin kuin ne, joiden edessä ei ollut toista ajoneuvoa. Aineistosta ei kuitenkaan voitu erottaa ajoneuvoja, joiden lähestyessä liittymää sivutieltä lähestyi ajoneuvo, joka saattoi vaikuttaa tarkasteltavan ajoneuvon nopeuteen. Toisaalta ei ole perusteltua olettaa, että tällaisten tilanteiden osuuksissa olisi ollut eroja eri merkkejä käytettäessä.
- Vapaiden ajoneuvojen *nopeusmuutokset ajoneuvokohtaisesti* merkeittäin ja ajoneuvoluokittain. Tulokset kuvaavat edellistä analyysia tarkemmin nopeusmuutokset, koska analyysi perustuu täsmälleen samojen ajoneuvojen nopeuksien vertailuun ennen merkkiä ja merkin jälkeen. Analyysin heikkoutena on tarkasteltavien ajoneuvojen lukumäärän väheneminen, kun mukaan valitaan vain sellaiset ajoneuvot, joiden vertailumittauksesta (ennen tai jälkeen) voidaan olla varmoja.
- Muuttuvalla merkillä osoitetun *nopeusrajoituksen noudattaneiden osuudet* merkeittäin vapaiden ajoneuvojen osalta.

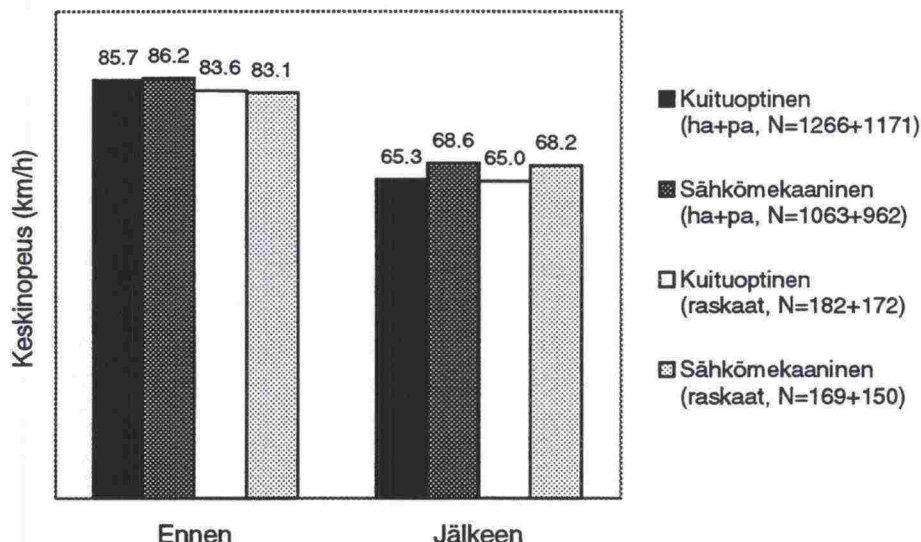
Kaikkiin analyysihin valittiin merkin jälkeisestä pisteessä mitatuista nopeuksista vain ajoneuvot, joiden nopeus oli vähintään 50 km/h. Valinnalla pyrittiin karsimaan pois oikealle kääntyvät ajoneuvot, jotka ajoivat samaa kaistaa suoraan ajavien kanssa, mutta vähensivät nopeutta ennen kaikkea kääntymisen takia. Kriteeriksi asetettiin 50 km/h, mutta nopeusjakauman tarkastelun perusteella arvioitiin, ettei tuloksiin vaikuttanut olennaisesti, valittiinpa kriteeriksi 40 tai 50 km/h (liite 2).

Seuraavassa ajonopeuksia koskevat tulokset esitetään edellä esitetyn ryhmitteilyn mukaisessa järjestyksessä.

3.2 Koko liikennevirran nopeudet

Ennen muuttuvaa nopeusrajoitusmerkkiä henkilö- ja pakettiautojen keskinopeus oli 85,9 km/h ja raskaiden ajoneuvojen keskinopeus oli 83,3 km/h. Merkeittäin tarkasteltuna kummassakaan nopeudessa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Merkin jälkeen nopeudet olivat sen sijaan merkitsevästi pienempiä kuituoptista merkkiä käytettäessä kuin sähkömekaanista merkkiä käytettäessä (kuva 4;

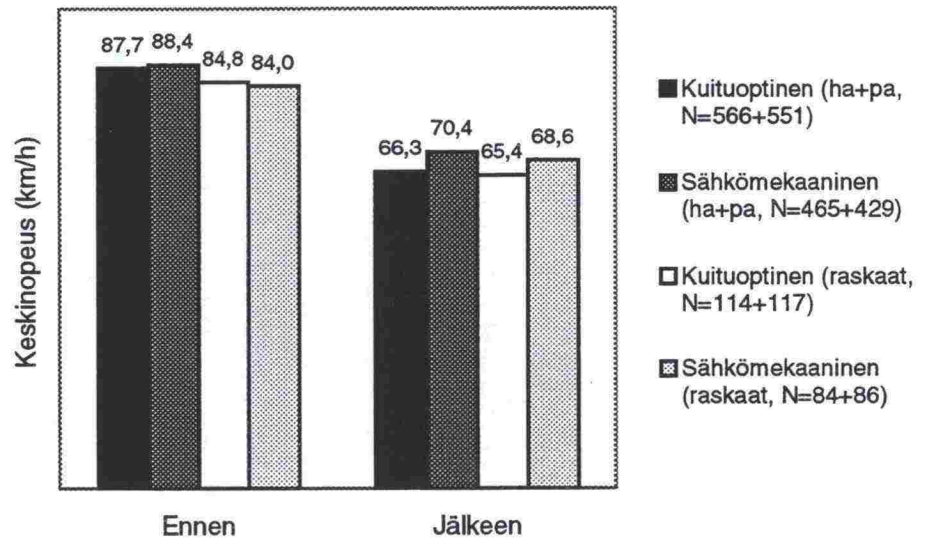
ha+pa: $t(2131) = 10,5$, $p < 0.001$; raskaat: $t(320) = 4,23$, $p < 0.001$). Kuituoptinen merkki vähensi henkilö- ja pakettiautojen keskinopeutta 2,8 km/h enemmän kuin sähkömekaaninen merkki, raskaiden ajoneuvojen keskinopeutta vastaavasti 3,6 km/h.



Kuva 4. Koko liikennevirran keskinopeudet ennen merkkiä ja sen jälkeen. N tarkoittaa mitattujen ajoneuvojen lukumääriä ennen merkkiä ja sen jälkeen.

3.3 Vapaiden ajoneuvojen nopeudet

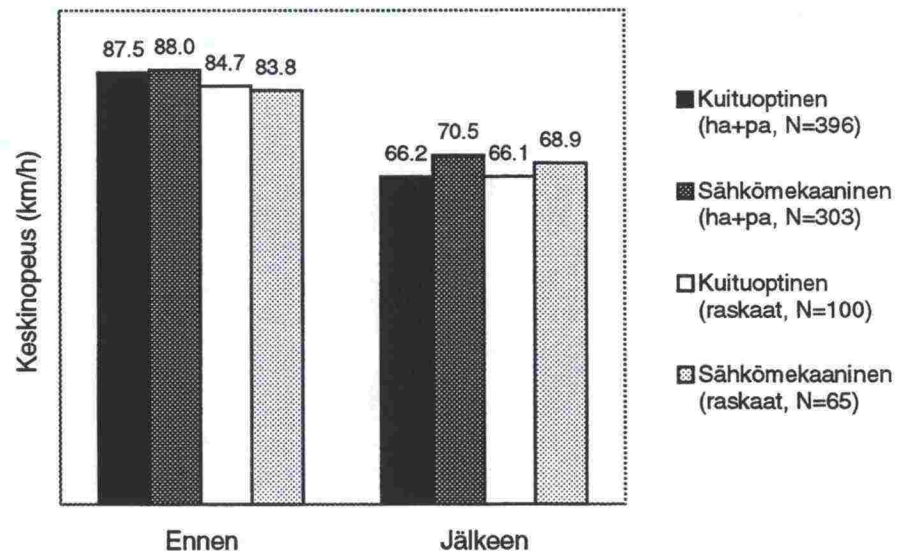
Myöskään vapaiden ajoneuvojen keskinopeuksissa ei ollut merkitseviä eroja ennen merkkiä: henkilö- ja pakettiautot 88,0 km/h ja raskaat ajoneuvot 84,4 km/h. Merkin jälkeen nopeudet olivat kuituoptista merkkiä käytettäessä pienempiä kuin sähkömekaanista merkkiä käytettäessä (kuva 5; ha+pa: $t(978) = 8,04$, $p < 0.001$; raskaat: $t(201) = 3,16$, $p < 0.01$). Kuituoptinen merkki vähensi henkilö- ja pakettiautojen keskinopeutta 3,4 km/h enemmän kuin sähkömekaaninen merkki, raskaiden ajoneuvojen keskinopeutta vastaavasti 4,0 km/h.



Kuva 5. Vapaiden ajoneuvojen keskinopeudet ennen merkkiä ja sen jälkeen. N tarkoittaa mitattujen ajoneuvojen lukumääriä ennen merkkiä ja sen jälkeen.

3.4 Vapaiden ajoneuvojen nopeusmuutokset ajoneuvottain

Kuvassa 6 on esitetty vapaiden ajoneuvojen keskinopeudet ajoneuvokohtaisesti laskettuina. Henkilö- ja pakettiautojen nopeuksia kuituoptinen merkki vähensi keskimäärin 21,3 km/h ja sähköoptinen merkki 17,4 km/h ($t(697) = 5,90$, $p < 0.001$). Vastaavat raskaiden ajoneuvojen nopeusmuutokset olivat 18,6 ja 14,9 km/h ($t(163) = 3,01$, $p < 0.01$).



Kuva 6. Vapaiden ajoneuvojen keskinopeudet ennen merkkiä ja sen jälkeen. N tarkoittaa mitattujen ajoneuvojen lukumääriä ennen merkkiä ja sen jälkeen (täsmälleen samat ajoneuvot ennen ja jälkeen).

3.5 Nopeusrajoituksen noudattaminen

Vapaat ajoneuvot noudattivat nopeusrajoitusta huomattavasti useammin kuituoptista merkkiä käytettäessä (18,0 %) kuin sähkömekaanista merkkiä käytettäessä (11,8 %), $\chi^2(1) = 8,4$, $p < 0.01$. Kun kriteerinä käytettiin nopeutta 65 km/h, vastaavat prosenttiosuudet olivat 53,0% ja 34,4%, $\chi^2(1) = 40,8$, $p < 0.001$.

3.6 Seuraamisaikavälit

Seuraamisaikavälitarkastelun tarkoituksena oli selvittää, vaikuttivatko muuttuvat nopeusrajoitusmerkit tai toinen niistä haitallisesti aikavälien kehittymiseen liittymää lähestyttäessä. Mahdollista haitallisuutta arvioitiin laskemalla lyhyiden eli haitallisiksi arvioitujen aikavälien osuus jonossa ajavien (aikaväli < 5 s) joukossa ennen merkkiä ja sen jälkeen. Haitallisen bruttoaikavälin eli keulasta keulaan mitatun aikavälin kriteeriksi asetettiin 1 s.

Aikavälien analyysi osoitti, ettei kumpikaan merkki vaikuttanut lyhyiden aikavälien osuuteen tilastollisesti merkitsevästi. Sekä ennen merkkiä että sen jälkeen lähellä edessä ajavaa seuraavia oli jonkin verran enemmän sähkömekaanista (55,8–57,3 %) kuin kuituoptista merkkiä käytettäessä (44,2–42,7 %).

4 HAASTATTELUTUTKIMUKSEN TULOKSET

4.1 Kuljettajat

Haastatteluun osallistui 307 kuljettajaa, jotka olivat lähestyneet liittymää siten, että olivat ohittaneet muuttuvan nopeusrajoitusmerkin ja ylittivät liittymän suoraan ajaen. Kuituoptisen merkin ohitti 145 kuljettajaa ja sähkömekaanisen merkin 162 kuljettajaa. Kuljettajista 69,7 % oli miehiä ja 30,3 % naisia. Kuljettajien keskiikä oli 43,7 vuotta ja iän vaihteluväli oli 18–80 vuotta. Kuljettajista 82,7 % ajoi henkilöautolla, 9,5 % pakettiautolla ja 7,8 % kuorma-autolla. Kuljettajat olivat ajaneet suhteellisen paljon edellisen vuoden aikana (taulukko 1) ja valtaosa oli ohittanut mittauspaikan vähintään kerran viikossa (taulukko 2). Em. muuttujien merkeittäinen tarkastelu osoitti, etteivät eri merkin ohittaneet kuljettajat poikenneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi.

Taulukko 1. Ajosuorite viimeisen 12 kuukauden aikana (N=306).

Ajosuorite (km)	Osuus kuljettajista (%)
< 10 000	16,0
10 000–20 000	33,0
20 000–50 000	36,0
> 50 000	15,0
Yhteensä	100,0

Taulukko 2. Mittauspaikan ohittaminen viimeisen 12 kuukauden aikana (N=307).

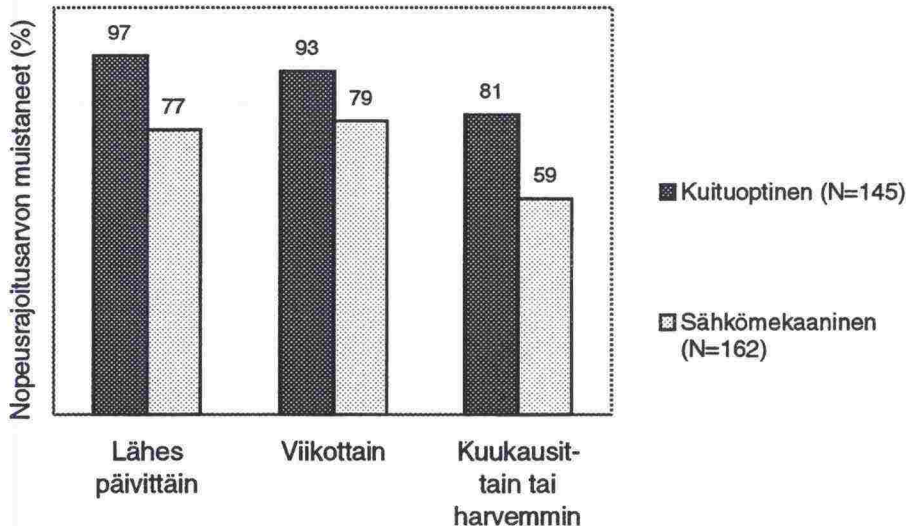
Mittauspaikan ohittaminen	Osuus kuljettajista (%)
Lähes päivittäin	40,1
Viikottain	29,0
Kuukausittain/muutaman kerran	27,7
Ensimmäistä kertaa	3,2
Yhteensä	100,0

4.2 Muuttuvaa merkkiä koskevat tulokset

Merkin muistaminen

Muuttuvan nopeusrajoitusmerkin arvon muisti kuituoptista merkkiä käytettäessä 91,0 % kuljettajista ja sähkömekaanista merkkiä käytettäessä 71,6 %, $\chi^2(1) = 18,6$, $p < 0.001$. Muistaminen ei riippunut kuljettajan sukupuolesta, iästä (luokiteltuna < 26, 26–59 ja > 59), ajosuoritteesta eikä ajoneuvon tyypistä. Sen sijaan liittymän usein ohittaneet muistivat merkin paremmin kuin harvemmin ohittaneet kuljettajat (kuva 7). Ero ilmeni sekä kuituoptista merkkiä ($\chi^2(1) = 7.87$, $p < 0.05$) että sähkömekaanista merkkiä käytettäessä $\chi^2(1) = 6,72$, $p < 0.05$). Ilmeisesti ko. tietä usein ajaneet kuljettajat olivat huomanneet jo aikaisemmin,

että liittymässä käytettiin vaihtuvaa rajoitusta, ja siksi he tarkkailivat nopeusrajoitusarvoja enemmän kuin harvemmin tiellä liikkuvat.



Kuva 7. Muuttuvan merkin muistaminen merkin ohitustiheyden mukaan.

Taulukossa 3 on esitetty, miten a) kaikki kuljettajat ja b) nopeusrajoitusarvon oikein muistaneet muistivat, minkälaisella merkillä nopeusrajoitus osoitettiin. Kuituoptisen merkin tumman pohjan ja vaaleat numerot muisti kuljettajista keskimäärin 75 % ja nopeusrajoituksen muistaneista lähes 80 %. Vastaavasti sähkömekaanisen merkin ohittaneista 59–62 % ilmoitti esitystavan oikein (keltainen pohja ja mustat numerot), mutta noin 30 % kuljettajista ilmoitti, että merkki oli tavallinen (kiinteä) merkki.

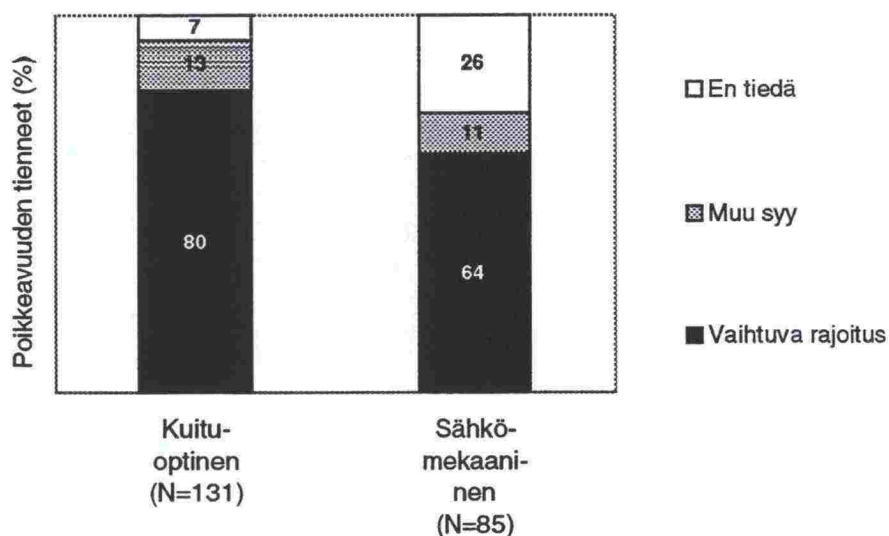
Taulukko 3. Minkälaisella merkillä nopeusrajoitus osoitettiin (suluissa tulos on ilmoitettu nopeusrajoitusarvon oikein muistaneiden osalta).

Vastaus	Kuituoptinen merkki (%)		Sähkömekaaninen merkki (%)	
Tumma pohja ja vaaleat numerot	75	(79)	5	(6)
Keltainen pohja ja mustat numerot	17	(17)	59	(62)
Tavallinen merkki	4	(1)	31	(29)
Muu	2	(2)	1	(2)
En osaa sanoa	3	(1)	4	(2)
Yhteensä	100	(100)	100	(2)

Vaihtuvan rajoituksen tunteminen liittymässä

Kuvassa 8 on esitetty, kuinka nopeusrajoitusarvon muistaneet kuljettajat tiesivät, miten merkki poikkesi tavanomaisesta. Kysymys esitettiin vain niille, jotka eivät olleet vastanneet edelliseen kysymykseen ”tavallinen merkki” tai ”en osaa sanoa”. Tulokset osoittivat, että kuituoptisen merkin ohittaneet tiesivät useammin, että kyseessä oli vaihtuva rajoitus. Erityisesti ”en tiedä” -vastausten osuus oli huomattavasti suurempi sähkömekaanista merkkiä käytettäessä. Muut vastauk-

set olivat olivat hieman epäselviä: valaistu, valot, valomerkki, kirkas, erilainen, neliö, katkoviivoilla numerot.



Kuva 8. Merkin tavanomaisuudesta poikkeamisen tietäminen. Mukana vain nopeusrajoitusarvon muistaneet.

Valtaosa (67 %) kuljettajista tiesi, että liittymässä käytettiin yleensä nopeusrajoituksia 60 ja 80 km/h. Vain toisen näistä rajoitusarvoista mainitsi 6 % kuljettajista ja erilaisia rajoitusarvojen yhdistelmiä antoi 9 % kuljettajista. Vastanneista 18 % ei osannut antaa mitään vaihtoehtoisia nopeusrajoitusarvoja.

Nopeusrajoituksen arvoon vaikuttavia seikkoja arvioi 249 kuljettajaa, jotka antoivat yhteensä 445 vastausta. Useimmat kuljettajat tiesivät, että ko. paikalla nopeusrajoitusta muutettiin ajankohdan tai liikennemäärän perusteella. Vain 2,6 % vastauksista ei sisältänyt kumpaakaan tekijää. Vastaukset jakautuivat seuraavasti:

- ajankohta (kellonaika, viikonpäivä) 41,1 %
- liikennemäärä 39,9 %
- sää ja keli 14,6 %
- tietyö 10,4 %.

Käsityksiä vaihtuvista rajoituksista

Lähes kaikki kuljettajat pitivät olosuhteiden mukaan vaihtuvia nopeusrajoituksia tarpeellisina. Vastaukset jakautuivat seuraavasti:

- tarpeellisia 93,5 %
- tarpeettomina 4,9 %
- ei osaa sanoa 1,6 %.

5 TULOSTEN TARKASTELU

Tutkimuksen päätavoitteena oli verrata kuituoptisen ja sähkömekaanisen muuttuvan nopeusrajoitusmerkin vaikutuksia a) ajonopeuksiin ja merkin noudattamiseen sekä b) merkin muistamiseen. Tulokset osoittivat ensinnäkin, että kuituoptinen merkki vähensi vapaiden henkilö- ja pakettiautojen keskinopeutta 3,4 km/h enemmän kuin sähkömekaaninen merkki. Vastaava luku raskaiden ajoneuvojen osalta oli 4,0 km/h. Koko liikennevirtaa koskevat erot olivat 2,8 ja 3,6 km/h. Myös nopeusrajoitusta noudattaneiden osuudet merkeittäin osoittivat merkkien väliset vaikutuserot: kuituoptista merkkiä käytettäessä 18 % jonojen ulkopuolella ajaneista noudatti rajoitusta, sähkömekaanista merkkiä käytettäessä vajaa 12 %. Toisaalta näiden nopeusvaikutusten kanssa samanaikaisesti ei tapahtunut seuraamisaikavälien muutoksia. Tämä osoittaa, ettei liikennevirrassa esiintynyt mitään sellaista kielteistä sivuvaikutusta, joka kyseenalaistaisi kuituoptisella merkillä saatujen myönteisten tulosten merkityksen.

Tutkimuksen toinen päätulos oli, että 91 % kuljettajista muisti nopeusrajoitusarvon kuituoptista merkkiä käytettäessä, kun 72 % kuljettajista muisti sen sähkömekaanista merkkiä käytettäessä. Koepaikan usein ohittaneet muistivat nopeusrajoitusarvon paremmin kuin harvemmin paikan ohittaneet, mutta merkkien välinen ero (oikein muistaneiden kuljettajien osuus) oli jokseenkin riippumaton paikan ohitustiheydestä. Tämä tulos osoittaa, ettei nopeusrajoitusarvon hyvä muistaminen kuituoptista merkkiä käytettäessä selity uutuusvaikutuksella (kuljettajat olisivat muistaneet rajoitusarvon vain merkin uutuuden takia).

Vertailu aikaisempiin tutkimustuloksiin osoittaa, että nopeusrajoitusarvo muistettiin kuituoptista merkkiä käytettäessä yhtä hyvin kuin Rämän & Luoman (1996) tutkimuksessa. Sähkömekaanisen merkin nopeusrajoitusarvo muistettiin puolestaan suunnilleen yhtä hyvin kuin kiinteän nopeusrajoitusmerkin arvo aikaisemmissa tutkimuksissa eli huomattavasti edellistä heikommin. Kun vielä otetaan huomioon, että Luoman (1993) tulosten mukaan nopeusrajoitusmerkkiä ei unohdeta minuutin aikana paljonkaan, voidaan päätellä, että kuituoptisen nopeusrajoitusmerkin havaintoarvo oli selvästi suurempi kuin sähkömekaanisen merkin havaintoarvo. Haastattelututkimuksen tulokset osoittivat myös, että kuituoptisen merkin tiedettiin huomattavasti sähkömekaanista merkkiä useammin olevan muuttuva merkki, minkä voidaan olettaa olevan tärkeätä, jotta kuljettajat olisivat motivoituneita noudattamaan osoitettua nopeusrajoitusta. Jos muuttuvaa merkkiä luullaan kiinteäksi merkiksi, kuten sähkömekaanista merkkiä käytettäessä usein tapahtui, menetetään osa muuttuvan merkin vaikutusmahdollisuuksista. Näille vaikutusmahdollisuuksille antaa hyvän perustan myös se, että lähes kaikki kuljettajat pitivät vaihtuvia rajoituksia tarpeellisina. Myös aikaisemmissa muuttuvia merkkejä koskeneissa tutkimuksissa on lähes poikkeuksetta todettu kuljettajien olevan tyytyväisiä merkkeihin (ks. katsaus TROPIC 1996). Kokonaisuutena tulokset osoittavat, että kuituoptinen merkki on kuljettajakäyttämisen kannalta selvästi tehokkaampi kuin sähkömekaaninen merkki, kun niiden vaikutuksia verrataan samanlaisissa, selostetun kokeen kaltaisissa olosuhteissa.

Kokeen olosuhteet kattoivat kuitenkin vain yhdenlaisen muuttuvan nopeusrajoitusmerkin käyttötilanteen: tutkimuksessa verrattiin *yksittäisen muuttuvan merkin* vaikutuksia ajonopeuksiin ja merkin muistamiseen tietyn tyyppisessä paikassa.

Näin ollen tuloksia ei voi yleistää koskemaan toisenlaisia liikenneympäristöjä (esim. moottoritie) tai tilannetta, jossa esim. kuituoptisia merkkejä käytettäisiin huomattavasti nykyistä enemmän. Voidaan perustellusti olettaa, että kuituoptisten merkkien teho vähenee, jos niiden käyttö yleistyy. Tilanne voi olla analoginen esim. lisäjarruvalon vaikutuksia koskevien tulosten kanssa: ensin lisäjarruvalon arvioitiin - empiirisiin tuloksiin perustuen - vähentävän peräänajo-onnettomuuksia lähes 50 %, mutta niiden yleistyessä vaikusarvio on pienentynyt viiteen prosenttiin (Status Report 1995).

Toiseksi tulokset osoittivat, että kuituoptinen merkki muistettiin hyvin, ja siitä pääteltiin, että se on myös hyvin havaittava. Saatua tulos on sinänsä arvokas, mutta asialla on myös toinen puoli: tiettyä havaintokohdetta voimistettaessa se saattaa häiritä muiden, myös merkityksellisten kohteiden havaitsemista. Näitä kohteita voivat olla esim. muut liikennemerkit, muut tienkäyttäjät jne. Liikenteen ohjauksen suunnittelussa on aina otettava huomioon informaation voimakkuuden optimointi. Nykyisin käytössä olevat tekniikat mahdollistavat melkein minkä tahansa havaintokohteen esittämisen niin, että sen havaintotodennäköisyys saadaan suureksi. Samalla olisi otettava kuitenkin kokonaisuus huomioon. Tämä huomautus ei kuitenkaan tarkoita sitä, etteikö tienpitäjällä olisi hyvä olla käytössään tavallista voimakkaampia keinoja, joita voidaan käyttää tarpeen vaatiessa.

Mainitut rajaukset merkitsevät sitä, että käsillä olevassa tutkimuksessa tehokkaaksi todetun merkin vaikutuksia olisi selvitettävä edelleen. Kiinnostavia jatkokysymyksiä ovat ainakin seuraavat:

- miten kuituoptisten merkkien teho säilyy, jos niitä käytetään nykyistä enemmän ja varsinkin, jos kuljettaja ohittaa monta kuituoptista merkkiä peräkkäin
- miten kuituoptinen muuttuva merkki vaikuttaa muiden, lähellä sijaitsevien kiinteiden merkkien havaitsemiseen.

6 LÄHTEET

Hietamäki, J. 1988. Liikennemerkkien havaitseminen maantiejossa: kuljettajan reaktiot yllättävään ärsykkeeseen. Helsinki: Helsingin yliopisto, psykologian laitos (lisensiaattitutkielma).

Häkkinen, S. 1965. Liikennemerkkien havaitseminen maantiejossa. Helsinki: Talja (Taljan tutkimuksia 1).

Johansson, G. & Backlund, F. 1970. Drivers and road signs. *Ergonomics* 6(13), 749–759.

Johansson, G. & Rumar, K. 1966. Drivers and road signs: a preliminary investigation of the capacity of car drivers to get information from road signs. *Ergonomics* 1(9), 57–62.

Luoma, J. 1981. Liikennemerkkien havaittavuus ja ymmärrettävyys. Helsinki: Tie ja vesirakennushallitus, käyttöosaston liikennetoimisto (TVH 741975).

Luoma, J. 1992. Effect of being a test subject on driver performance. Esitelmä konferenssissa the 71st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

Luoma, J. 1993. Effects of delay on recall of road signs: An evaluation of the validity of recall method. Teoksessa A.G. Gale, I.D. Brown, C.M. Haslegrave, H.W. Kruysse and S.P. Taylor (toim.) *Vision in Vehicles-IV*, s. 169–175. Amsterdam: North-Holland.

Rämä, P. & Luoma, J. 1996. Driver acceptance of weather controlled road signs and displays. *Transportation Research Record* (hyväksytty julkaistavaksi).

Status Report 1995. Brake light added to new cars in 1980s cuts rear-enders, but the crash reduction is small. *Status Report*, 30(5), 7.

TROPIC 1996. Research review report, Traffic optimisation by the integration of information and control, feasibility study. Birmingham: Atkins Wootton Jeffreys.

Haastattelulomake



YHDYSKUNTATEKNIikka
Liikenne ja kuljetukset

VAIHTUVA RAJOITUS, HAASTATTELULOMAKE
21.8.1996

Haastattelija pvm/.....klo

Hyvää päivää. Onko Teillä muutama minuutti aikaa vastata tämän tien liikennemerkkejä koskeviin kysymyksiin?

Ei vastaa, syy (jos ei vastaa, täytä kohdat 11 ja 12)

1. Mikä nopeusrajoitus oli merkitty edelliseen risteykseen saavuttaessa?.....km/h

2. Minkälaisella merkillä nopeusrajoitus osoitettiin?

- 1 tumma pohja ja vaaleat numerot
- 2 keltainen pohja ja mustat numerot
- 3 tavallinen merkki (siirry kysymykseen 6)
- 4 muu, mikä?
- 5 en osaa sanoa (siirry kysymykseen 6)

3. Tiedätkö, miten merkki poikkesi tavanomaisesta?

- 1 kyseessä on vaihtuva rajoitus
- 2 muu syy
- 3 en tiedä

4. Tiedätkö, mitä nopeusrajoituksia risteyksessä käytetään eri aikoina?

..... km/h

5. Tiedätkö, mitkä seikat vaikuttavat nopeusrajoituksen suuruuteen risteyksessä?

- 1 liikennemäärä
- 2 ajankohta (kellonaika, viikonpäivä)
- 3 sää ja keli
- 4 tietyö
- 5 muu, mikä?
- 6 en tiedä

6. Pidätkö olosuhteiden mukaan vaihtuvia nopeusrajoituksia

- 1 tarpeellisina vai
- 2 tarpeettomina
- 3 en osaa sanoa

7. Ylittekö edellisen risteyksen?

- 1 suoraan ajaen vai
- 2 käännyttekö sivutieltä päätielle

8. Kuinka monta kertaa olette ajanut tästä viimeisen 12 kuukauden aikana?

- 1 lähes päivittäin
- 2 viikoittain
- 3 kuukausittain (muutaman kerran)
- 4 ensimmäistä kertaa tällä tieosuudella

9. Kuinka monta kilometria ajoitte autolla viimeisen 12 kuukauden aikana

- 1 alle 10 000 km
- 2 10 000–20 000 km
- 3 20 000–50 000 km
- 4 yli 50 000 km

10. Syntymävuosi

11. Sukupuoli 1 mies 2 nainen

12. Ajoneuvon tyyppi

- 1 ha 2 pa 3 ka 4 muu,
- mikä?

13. Muuta, esimerkiksi parannusehdotuksia, aikaisempia kokemuksia vaihtuvien merkkien toiminnasta

.....

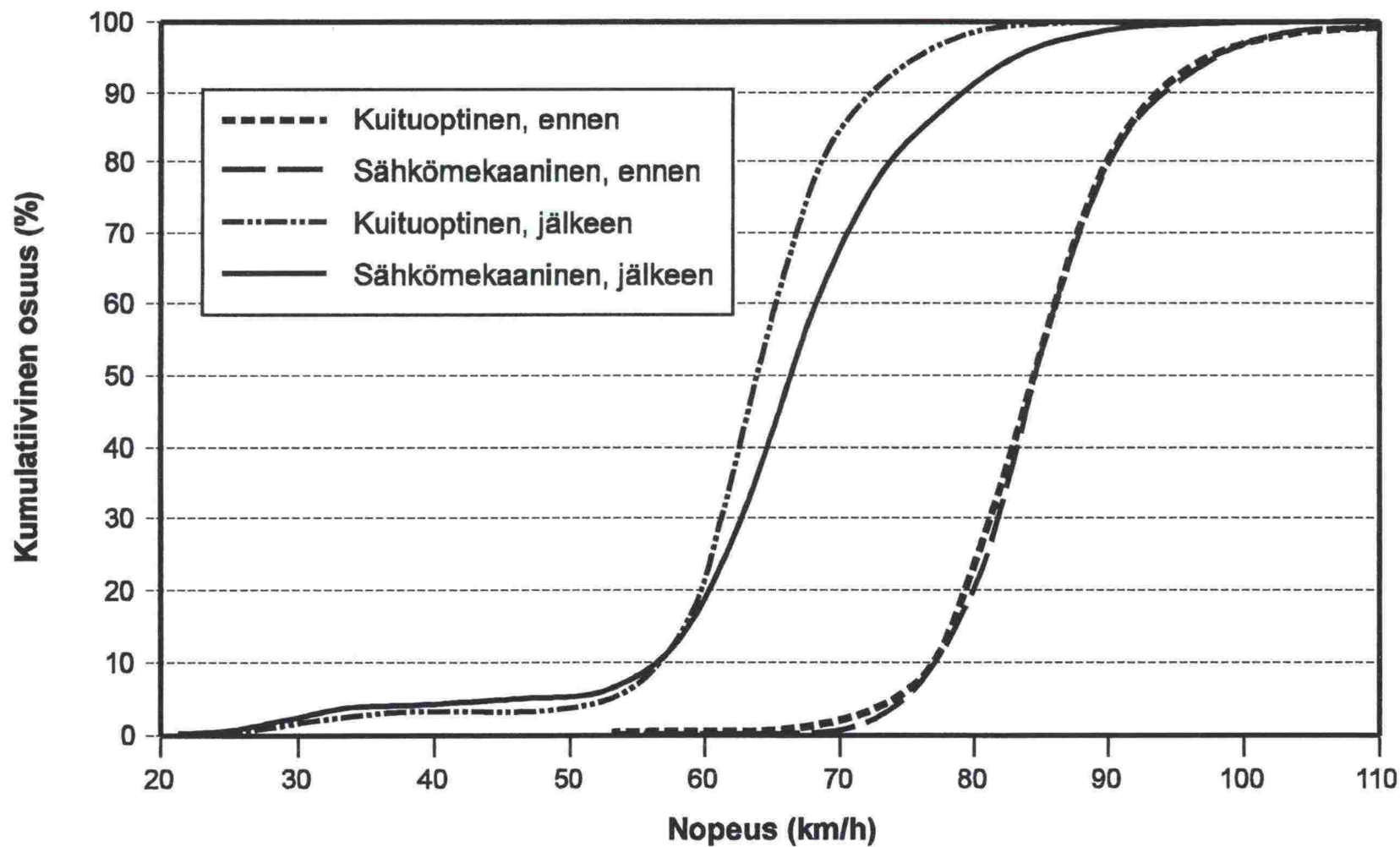
.....

.....

.....

KIITOS JA HYVÄÄ MATKAA!

Nopeusjakaumat merkeittäin (ennen merkkiä ja sen jälkeen)



TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

- 69/1996 Telekaapeliassennusten vaikutus tierakenteeseen. TIEL 3200436
- 70/1996 Kantavan kerroksen asfalttibetoni; Referenssimateriaalin ominaisuudet. TIEL 3200437
- 71/1996 Ajonopeuksien liikenneturvallisuusvaikutukset: Ajonopeuksien turvallisuusvaikutusten riippuvuus ulkoisista tekijöistä. TIEL 3200438
- 72/1996 Ajonopeuksien liikenneturvallisuusvaikutukset: Ajonopeuden turvallisuusvaikutukset yksilöllisestä näkökulmasta. TIEL 3200439
- 73/1996 Autonkuljettajien informaatiotarpeet. TIEL 3200440
- 74/1996 Liikenteen kysyntä; Yhteenveto tutkimusohjelman julkaisuista. TIEL 3200441
- 75/1996 Hematiittijauheen soveltuvuus SMA-massaan. TIEL 3200442
- 76/1996 Muuttuvan nopeusrajoitusmerkin tekniikan vaikutukset ajonopeuksiin ja merkin muistamiseen. TIEL 3200443
- 77/1996 Syvästabilointi kehittyvänä pohjavahvistusmenetelmänä; International Conference IS-Tokio '96. TIEL 3200444
- 78/1996 Moreenin rakeistaminen pellettoimalla; Nykytilaselvitys. TIEL 3200445
- 79/1996 Geotekniikan informaatiojulkaisuja: Pohjanvahvistusmenetelmän valinta. TIEL 3200446
- 80/1996 Alempiasteisen tieverkon strategiat; Tienpidon kohdentamisvaikutukset kylien kehitykseen. TIEL 3200447
- 81/1996 Maankäytön ja liikenteen yhteensovittaminen kaupunkiseudulla. TIEL 3200450
- 1/1997 Sää- ja keli tietoon perustuva liikenteen ohjausjärjestelmän vaikutus kuljettajien käyttäytymiseen ja käsityksiin. TIEL 3200448
- 2/1997 Liikenteen hallinnan temppukortisto. TIEL 3200449
- 3/1997 Tielaitoksen ympäristöpolitiikan arviointi. TIEL 3200451
- 4/1997 Siltojen perustusten geoteknisen mitoituksen vertailu eurocadien ja kansallisten ohjeiden mukaan. TIEL 3200452
- 5/1997 Tiepenkereen luonnonluiskan ja jäykän tukimuurirakenteen vertailevat mitoitustaselmat eurocadien ja kansallisten ohjeiden mukaan. TIEL 3200453
- 6/1997 Talviajan liikenneturvallisuus; Tilastollinen tarkastelu. TIEL 3200454
- 7/1997 Bitumiemulsion murtumisajan vaikutus päällystemassan ominaisuuksiin TIEL 3200455
- 8/1997 Tieliikenteen päästöjen vaikutusten arvottaminen. TIEL 3200456
- 9/1997 Tieliikenteen päästöjen vaikutusten arvottaminen; Yhteenveto. TIEL 3200457
- 10/1997 Valuation of Impacts of Road Traffic Emissions; Summary. TIEL 3200457E

ISSN 0788-3722
ISBN 951-726-302-3
TIEL 3200443